

Голові спеціалізованої  
вченої ради Д 64.707.04  
Національного університету  
цивільного захисту України

м. Харків, вул. Чернишевська, 94, 61023

## ВІДГУК

офіційного опонента доктора технічних наук, доцента Коротенко Григорія Михайловича на дисертаційну роботу Говаленкова Сергія Сергійовича «Попередження надзвичайних ситуацій, обумовлених техногенним викидом в атмосферу небезпечних легких газоподібних хімічних речовин», представлену на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.02.03 – цивільний захист

### **1. Актуальність обраної теми дослідження та зв'язок з науковими програмами, планами і темами**

Наявність в Україні великої кількості хімічно небезпечних об'єктів, в межах яких зберігаються, транспортуються та обертаються небезпечні хімічні речовини (НХР), обумовлює досить велику ймовірність виникнення надзвичайних ситуацій (НС) техногенного характеру внаслідок їх витоків або викиду, що становить потенційну загрозу як населенню та персоналу цих об'єктів, так і природним, техногенним і соціальним компонентам життєвого середовища, а також комбінаціям цих компонентів.

Усього в Україні функціонує понад 1800 об'єктів промисловості, на яких зберігається або використовується у виробничій діяльності більш ніж 283 тис. тонн сильнодіючих отруйних речовин (СДОР), у тому числі: 9,8 тис. тонн хлору і 178,4 тис. тонн аміаку. Всього у зонах можливого хімічного зараження від цих об'єктів мешкає близько 20 млн. осіб (майже 38,5% від всього населення країни).

Аналіз надзвичайних ситуацій, які мали місце за останні п'ятнадцять років на хімічно небезпечних об'єктах, підтверджує поступове збільшення ризиків безпеки населенню та співробітникам аварійно-рятувальних підрозділів, які приймають участь у локалізації та ліквідації таких аварій. При цьому слід також зазначити, що аварії з викидами в атмосферу НХР мають суттєві особливості та відмінності для різних видів речовин. При контакті з газоподібними компонентами атмосфери деякі НХР вступають з ними в реакцію з утворенням нових хімічних сполук, які можуть бути ще більш небезпечними для людей та навколишнього середовища.

Проведений в роботі аналіз існуючих на теперішній час методик локалізації надзвичайних ситуацій, обумовлених викидом газоподібних НХР та моделей поширення хімічних речовин в атмосфері показав, що при дослідженні турбулентності в приземному повітряному шарі недостатньо використовується апарат теорії ймовірностей. Серед класу відомих гаусових моделей розсіювання основною є модель Паскуїлла-Гіффорда, головним припущенням у котрій є те, що швидкість вітру постійна у всьому шарі поширення речовини, а напрямок вітру є незмінним. На застосуванні гаусової моделі розсіювання засновані відомі методики міжнародного агентства з атомної енергії (МАГАТЕ), в яких викладено рекомендації щодо виконання розрахунків з оцінювання розсіювань викидів шкідливих речовин після виникнення аварій, а також для визначення дисперсій оцінки інтенсивності цих викидів за вхідними метеорологічними параметрами. При цьому стан атмосфери, який визначає ступінь її турбулентності, є вирішальним фактором впливу на

Національний університет  
цивільного захисту України

Вх. № 32  
18.06 2020 р.  
Кількість аркушів:  
Осн. док. 7 додат. 2

процес визначення параметрів при обчисленні відповідних дисперсій. Окрім того, ця модель базується на припущенні прямолінійності траєкторії переміщення хмари і призначена для експрес оцінок наслідків аварій на відносно невеликих відстанях від місця події.

Також слід зазначити, що застосування відомих методів та моделей попередження надзвичайних ситуацій при викидах в атмосферу отруйних та подразливих легких газоподібних НХР на хімічно небезпечних об'єктах за результатами оцінки їхньої практичної корисності визнане фахівцями недостатньо ефективним.

Тому, задача розроблення математичної моделі попередження надзвичайних ситуацій, обумовлених техногенними викидами в атмосферу легких газоподібних НХР і удосконалення методик, створених на її основі є актуальним напрямом досліджень.

Актуальність теми дисертаційної роботи також визначається тим, що дослідження виконувалось в рамках Національного плану дій з охорони навколишнього природного середовища на 2011-2015 роки, затвердженого розпорядженням Кабінету Міністрів України № 577-р від 25 травня 2011 р., Концепції управління ризиками виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру, затвердженої розпорядженням Кабінету Міністрів України від 22.01.2014 р. №37-р та заходів щодо реалізації Концепції управління ризиками виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру на 2015-2020 роки, затверджених розпорядженням Кабінету Міністрів України від 25.03.2015р. № 419-р. Відповідно до плану науково-дослідних робіт Національного університету цивільного захисту України виконані теми: «Оцінка ризиків впливів на навколишнє середовище аварій на об'єктах підвищеної небезпеки» (№ ДР 0107U008302) і «Розробка електронного навігатора прийняття управлінських рішень керівником ліквідації аварій з викидом небезпечних хімічних речовин» (№ ДР 0110U003271).

## **2. Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій дисертації**

Представлена дисертаційна робота характеризується грамотним, послідовним і детальним викладом матеріалу на основі відповідного наукового обґрунтування. Відчуваються авторська позиція та логічна завершеність роботи. Одержані у процесі наукового дослідження результати є достовірними, що підтверджується збігом результатів теоретичних і експериментальних досліджень.

Викладені у дисертаційній роботі Говаленкова С.С. теоретико-методичні положення та прикладні розробки достатньою мірою науково обґрунтовані. Вирішення поставлених у роботі наукових завдань базується на грамотному використанні існуючих методів наукових досліджень. На основі системного підходу та системного аналізу визначено стан та особливості попередження надзвичайних ситуацій на хімічно небезпечних об'єктах у провідних країнах Європи і світу. Виходячи з результатів проведеного аналізу з використанням теорії ймовірностей було розроблено математичну модель попередження надзвичайних ситуацій внаслідок викиду легкої газоподібної небезпечної хімічної речовини, шляхом структурування зони її напрямів її розповсюдження для визначення необхідних засобів захисту особового складу підрозділів оперативно-рятувальної служби цивільного захисту.

Розроблена математична модель складається з системи трьох аналітичних залежностей. Перша з них дозволяє розраховувати максимально можливі межі небезпечних зон при нескінченному у часі процесі розповсюдження шкідливої хімічної газоподібної речовини в атмосфері в результаті техногенного викиду. Друга дозволяє розраховувати межі небезпечних зон після припинення викиду, а третя дозволяє розраховувати зміни меж небезпечних зон, утворених у разі короткотривалого викиду.

На основі виконаних наукових досліджень розроблено функціонально-структурну схему апаратно-програмного комплексу та виконана його технічна реалізація, що дає змогу реалізовувати технології застосування математичної моделі попередження

надзвичайних ситуацій, обумовлених техногенними викидами в атмосферу небезпечних легких газоподібних речовин.

Таким чином, мету даного дослідження досягнуто – здобувачем вдосконалено діючу методику шляхом забезпечення скорочення часу евакуації людей з небезпечних зон при аваріях з викидами газоподібних небезпечних хімічних речовин в атмосферу.

### **3. Структура й обсяг дисертації, основні наукові положення, висновки і пропозиції, що сформульовані автором та їх наукова новизна**

За структурою дисертація є рукописом загальним обсягом 163 аркуші друківаного тексту та складається з анотацій, змісту, переліку умовних позначень, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел зі 121 найменування і 2-х додатків, містить 46 рисунків та 7 таблиць.

У **вступі** обґрунтовано актуальність обраної теми, сформульовано мету дисертаційної роботи, визначено об'єкт, предмет і методи досліджень, наведено наукову новизну та розкрито теоретичне і практичне значення отриманих результатів, а також напрями їхнього впровадження.

У **першому розділі** дисертаційної роботи проведено аналіз аварій та інших надзвичайних ситуацій, що відбуваються на хімічно-небезпечних об'єктах, які супроводжуються викидом шкідливих газоподібних НХР. Проведений аналіз показав, що існуючі методи попередження таких надзвичайних ситуацій та математичні моделі, що описують їх розповсюдження не в повній мірі враховують пульсації повітряного середовища, тому головною задачею наукового дослідження визначено розробку математичної моделі попередження НС, обумовлених техногенними викидами в атмосферу небезпечних легких газоподібних речовин і удосконалення методик, створених на її основі.

У **другому розділі** на основі проведеного дослідження сформульовано задачу розповсюдження легкої газоподібної НХР в атмосфері, яка зводиться до лінійного диференціального рівняння параболічного типу. Це рівняння описує дифузію речовини у повітрі, а для випадку його рішення у стохастичній постановці отримано аналітичний вираз для математичного очікування та дисперсії концентрації небезпечної хімічної газоподібної речовини в атмосфері.

Аналіз дій рятувальників показав, що після припинення витікання НХР з джерела викиду протягом ще деякого часу зберігається небезпека для особового складу підрозділів, що приймають участь в ліквідації аварії, технічного персоналу підприємства та населення. Тому проведено оцінку розповсюдження газоподібної НХР у повітрі до її повного розсіювання з прогнозуванням значення концентрації цієї речовини, яке повинно бути менше критичного. Показано, що при рівній масі розповсюдженої НХР більшу небезпеку має короткочасний, але інтенсивний викид з високими концентраціями речовини у повітрі. Це дозволило здобувачеві отримати математичні моделі, які дозволяють розраховувати максимально можливі межі небезпечних для рятувальників зон для різних варіантів розвитку надзвичайних ситуацій, обумовлених викидом НХР в атмосферу.

У **третьому розділі** розроблено структурно-функціональну схему апаратно-програмного комплексу підтримки прийняття рішень керівником робіт щодо локалізації та ліквідації аварій в умовах надзвичайних ситуацій, а також виконано технічну реалізацію відповідного комплексу. Також запропоновано технологію використання цього комплексу та розроблено пропозиції щодо його практичного застосування аварійно-рятувальними підрозділами. Структура апаратно-програмного комплексу включає базу даних нормативних документів, базу даних оперативного управління, а також підсистеми моделювання та тестування, які взаємодіють на основі відповідних інтерфейсів вводу-виводу. Технологія використання комплексу дозволяє вносити корективи в дії підрозділів з урахуванням умов, які постійно змінюються на місці аварії, на основі постійного моніторингу обстановки під час локалізації і ліквідації НС.

У четвертому розділі було обґрунтовано технологію перевірки достовірності розроблених математичних моделей, а потім розроблено функціональну схему експериментальної установки, за допомогою якої було проведено експеримент з метою дослідження моделі попередження надзвичайних ситуацій обумовлених техногенними викидами в атмосферу аміаку. Слід додати, що процес витікання НХР забезпечувався за допомогою розробленого автором відповідного технологічного комплексу. Проведене порівняння розрахункових та експериментальних значень концентрації аміаку в повітрі показало, що середнє розходження між ними становить не більше ніж 14%.

Далі у ході досліджень здобувачем було проведено експериментальне визначення випадкових параметрів потоку повітря. Для цього виконано експериментальну оцінку середньої швидкості вітру шляхом проведення серії вимірювань. На підставі проведених спостережень було висунуто гіпотезу про нормальний розподіл компонент швидкості вітру.

За допомогою експериментальних досліджень з використанням теорії математичної статистики здобувач показав, що отримані результати укладаються в довірчий інтервал, розрахований за критерієм  $\chi^2$ , що підтвердило гіпотезу про нормальний розподіл компонент швидкості вітру. Подальші експерименти дозволили оцінити значення кореляційних функцій векторів швидкості вітру та взаємної кореляційної функції, а за допомогою системи Maple отримати параметри апроксимуючих функцій.

Додатково в роботі дисертант провів порівняння отриманих результатів використання запропонованої в розділі 2 математичної моделі з проведеними розрахунками, які використовуються в методиці Державної служби з надзвичайних ситуацій (ДСНС). Результати порівняння розрахунків співпадають, а похибка у визначенні глибини зони можливого зараження НХР не перевищує 8%, що не суперечить діючим документам, якими керуються аварійно-рятувальні підрозділи в Україні.

Для удосконалення існуючої методики із заходів щодо евакуації людей з небезпечних зон при техногенних викидах в атмосферу небезпечних легких газоподібних хімічних речовин, здобувачем проведено експеримент для визначення скорочення необхідного часу локалізації надзвичайної ситуації аварійно-рятувальними формуваннями. Результати проведеного експерименту показали, що використання більш легких засобів індивідуального захисту рятувальників дає скорочення часу евакуації постраждалих до 31%. Користуючись удосконаленою методикою, було проведено оцінку кореляційних функцій, а для оцінки отриманих параметрів цих функцій проведено відповідний експеримент. Для визначення закону розподілу випадкових процесів компонент швидкості вітру проведено чисельний експеримент побудови гістограми розподілу частот цих випадкових процесів та підтверджено гіпотезу про нормальний розподіл компонент швидкості вітру, що підтвердило достовірність запропонованої моделі. Для оцінки основних числових характеристик випадкового процесу розповсюдження газоподібної НХР у повітрі проведено чисельний експеримент та підтверджено достовірність отриманих результатів.

Таким чином, здобувачем доведено, що результати натурних експериментів співпадають з результатами моделювання, укладаються в довірчі інтервали, що підтверджує достовірність та надійність розроблених математичних моделей, а також достовірність та ефективність удосконалення методики розрахунку часу евакуації людей з небезпечних зон при техногенних викидах в атмосферу небезпечних легких газоподібних хімічних речовин.

У загальних висновках показано, що в дисертації запропоновано вирішення важливої наукової проблеми у сфері цивільного захисту, а саме – розроблено математичну модель попередження надзвичайних ситуацій, обумовлених техногенними викидами в атмосферу небезпечних легких газоподібних хімічних речовин і виконано удосконалення діючої методики на основі застосування цієї моделі.

Таким чином, аналіз дисертаційної роботи Говаленкова С.С. дає можливість відзначити такі отримані автором наукові результати, що містять наукову новизну:

– вперше розроблено математичну модель попередження надзвичайних ситуацій, обумовлених техногенними викидами в атмосферу небезпечних легких газоподібних речовин на основі сукупності трьох аналітичних залежностей, перша з яких дозволяє розрахувати максимально можливі межі небезпечних зон при нескінченному у часі розповсюдження небезпечної хімічної газоподібної речовини в атмосфері в результаті техногенного викиду; друга дозволяє розрахувати (уточнити) межі небезпечних зон після закінчення кінцевого у часі, довготривалого викиду; третя дозволяє розраховувати (уточнити) зміни меж небезпечних зон, утворених у разі короткотривалого викиду;

– вперше розроблено структурно-функціональну схему апаратно-програмного комплексу, який реалізує математичну модель попередження надзвичайних ситуацій, обумовлених техногенними викидами в атмосферу небезпечних легких газоподібних речовин. Цей комплекс в оперативному режимі забезпечує можливість оцінювати концентрацію небезпечної хімічної речовини в атмосфері та її зміни у часі, розраховувати зони безпечного розміщення сил і засобів аварійно-рятувальних підрозділів, приймати раціональні рішення щодо використання спеціальних засобів індивідуального захисту;

– удосконалено існуючу методику щодо організації заходів для евакуації людей з небезпечних зон при техногенних викидах в атмосферу небезпечних легких газоподібних хімічних речовин за рахунок використання розробленого апаратно-програмного комплексу.

#### **4. Практичне значення отриманих результатів дослідження**

Дослідження автора в дисертаційній роботі мають явно виражене науково-прикладне значення. З метою скорочення часу реагування на виникнення надзвичайних ситуацій, обумовлених техногенними викидами в атмосферу небезпечних легких газоподібних речовин здобувачеві вдалося удосконалити існуючі методики оцінки інтенсивності викиду легкої газоподібної хімічної речовини в атмосфері на підставі вимірів, що проводяться в процесі розвідки розробленими автором засобами. Цей процес виконується шляхом визначення межі холодної зони і відповідного вибору комплексу засобів індивідуального захисту особового складу аварійно-рятувальних підрозділів, який бере участь в локалізації витoku речовини, внаслідок чого забезпечується скорочення людських та матеріальних втрат при ліквідації локальних надзвичайних ситуацій.

Основні результати наукових досліджень були впроваджені в практичну діяльність НДПК та ТІ мікрографії, ГУ ДСНС України в Харківській області та ЧПБ імені Героїв Чорнобиля ДСНС України.

#### **5. Оформлення дисертаційної роботи та повнота викладу результатів в опублікованих працях**

Дисертація і автореферат написані грамотно. Автореферат за змістом відбиває основні положення дисертації та її структуру. Стиль подачі матеріалу забезпечує наочність і доступність сприйняття.

Матеріали дисертації досить повно викладені в 29 роботах здобувача. Зокрема 13 статей опубліковано у наукових фахових виданнях України, з них: 2 статті – у виданнях, що входять до міжнародних наукометричних баз; 6 статей у наукових фахових виданнях України; 2 статті у наукових періодичних виданнях інших держав з напрямку, з якого підготовано дисертацію; 3 наукові праці додатково відображають наукові результати дисертації; 16 тез доповідей на науково-технічних та науково-практичних конференціях, серед яких доцільно виділити наступні міжнародні науково-практичні конференції: IV міжнародно-практична конференція «Природничі науки та їх застосування в діяльності служби цивільного захисту» (Черкаси, 2010 р), XX Міжнародна науково-практична конференція «Попередження. Порятунк. Допомога» (Химки, 2010), Міжнародна науково-практична конференція «Актуальні проблеми технічних та природничих наук у забезпеченні служби цивільного захисту» (Черкаси, 2010-2011 рр.), Міжнародна науково-практична конференція «Чрезвычайные ситуации: образование и наука» (Гомель,

Республіка Беларусь, 2014 р.), XX Міжнародна конференція з математичного моделювання (Херсон, 2019 р.), Міжнародна науково-практична конференція «Проблеми техногенно-екологічної безпеки: освіта, наука, практика» (Харків, 2019 р.), V Міжнародна науково-практична конференція «Пріоритетні напрями розвитку науки» (Львів, 2020 р.).

Слід відмітити, що в опублікованих працях відображені основні наукові положення та результати дисертаційної роботи. Термін розсилання примірників фахових видань, у яких опубліковані праці дисертанта, а також кількість публікацій, обсяг, якість, повнота висвітлення результатів та розкриття змісту дисертації відповідає вимогам МОН України.

#### **6. Дискусійні положення та зауваження по дисертації.**

Поряд з позитивною оцінкою результатів дослідження, слід зазначити деякі дискусійні положення та недоліки, які мають місце в роботі.

1. З огляду на те, що робота виконана на перетині застосування математичного моделювання, хімії та інформаційних технологій, автору слід було б у вступній частині присвятити декілька сторінок елементам теорії дифузії і сучасним методам кореляційного аналізу, які апріорі присутні при розв'язанні завдань даної роботи, але недостатньо акцентовані в дисертації.

2. В тексті дисертації достатньо детально викладаються підходи до побудови стохастичної математичної моделі на основі зроблених автором припущень, які обґрунтовані дуже стисло. Наприклад, в роботі зроблено декілька припущень: а) характерні розміри отвору при пошкодженні ємності з речовиною не перевищують десятків сантиметрів; б) область небезпечних концентрацій може складати сотні метрів; в) час, протягом якого відбувається викид речовини, обчислюється хвилинами або годинами. При цьому не береться до уваги час, протягом якого розмір отвору змінюється. Обґрунтованості саме такого підходу в роботі не наведено.

3. Представлення результатів досліджень, отриманих автором за допомогою елементів кореляційного аналізу могли би бути більш розгорнуті. Але, нажаль, в тексті роботи подається тільки їх прикінцевий вигляд у формі значень кореляційних функцій випадкових процесів компонент швидкості вітру і взаємної кореляційної функції.

4. В роботі досить стисло описані можливості апаратно-програмного комплексу, який реалізує математичну модель попередження надзвичайних ситуацій, обумовлених техногенними викидами в атмосферу небезпечних легких газоподібних речовин. При цьому, автором наведено структурну схему комплексу, структурну схему його використання і роботи, але не наведено блок-схеми алгоритму його роботи.

5. Розроблена автором математична модель дає можливість розглянути ситуацію з миттєвим викидом легкої газоподібної хімічної речовини, тобто у результаті вибуху. Для цього автору необхідно було прирівняти до нуля сумісну кореляційну функцію компонент вектору швидкості вітру. Проте цього в роботі зроблено не було.

6. У тексті дисертації та авторефераті зустрічаються стилістичні та орфографічні помилки.

Разом з тим, зазначені недоліки ніяким чином не знижують цінність та достовірність отриманих дисертантом наукових та практичних результатів та висновків.

#### **7. Загальний висновок**

У цілому, розглянута дисертаційна робота «Попередження надзвичайних ситуацій, обумовлених техногенним викидом в атмосферу небезпечних легких газоподібних хімічних речовин» є завершеною науковою працею, у якій отримані нові науково обґрунтовані результати, що дозволяють вирішити важливу наукову задачу в галузі цивільного захисту – скоротити час реагування на виникнення надзвичайних ситуацій, обумовлених техногенними викидами в атмосферу небезпечних легких газоподібних речовин та удосконалити існуючі методики оцінки інтенсивності викиду легкої газоподібної хімічної речовини в атмосфері на підставі вимірів, що проводяться в процесі розвідки розробленими засобами, шляхом визначення межі холодної зони і вибору комплексу засобів індивідуального захисту особового складу аварійно-рятувальних

підрозділів, який бере участь в локалізації витоку речовини, внаслідок чого забезпечується скорочення людських та матеріальних втрат при ліквідації локальних надзвичайних ситуацій.

За змістом дисертація відповідає паспорту спеціальності 21.02.03 – цивільний захист, відноситься до області технічних наук і відповідає профілю спеціалізованої ради.

За актуальністю, науковою новизною та практичним значенням дисертаційна робота відповідає основним вимогам, що ставляться до кандидатських дисертацій та задовольняє вимогам п. 9, 11 та 12 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого Постановою КМУ № 567 від 24.07.2013 (зі змінами), а її автор, Говаленков Сергій Сергійович, заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.02.03 – цивільний захист.

Офіційний опонент  
професор кафедри інформаційних систем та технологій  
Національного технічного університету  
«Дніпровська політехніка» МОН України,  
доктор технічних наук зі спеціальності  
21.02.03 – цивільний захист, доцент

Г. М. Коротенко

